

11 JAN 2005

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004 年 1 月 22 日 (22.01.2004)

PCT

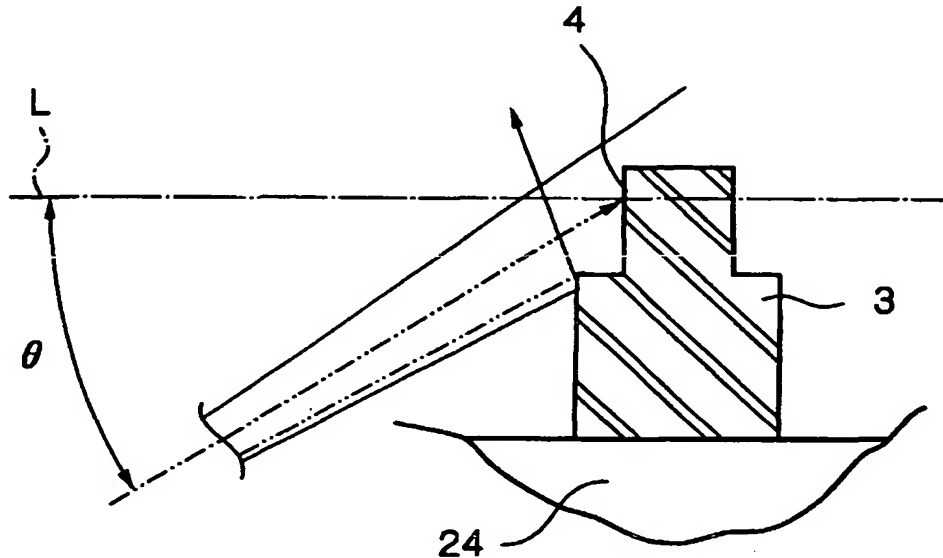
(10) 国際公開番号
WO 2004/008475 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H01J 37/30, 37/317, 37/20, G01N 1/28, H01L 21/302
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/008691
- (22) 国際出願日: 2003 年 7 月 9 日 (09.07.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2002-204028 2002 年 7 月 12 日 (12.07.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): セイコーインスツルメンツ株式会社 (SEIKO INSTRUMENTS INC.) [JP/JP]; 〒261-8507 千葉県 千葉市 美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 Chiba (JP).
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 児玉 俊男 (KODAMA, Toshio) [JP/JP]; 〒261-8507 千葉県 千葉市 美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインスツルメンツ株式会社内 Chiba (JP). 荷田 昌克 (HASUDA, Masakatsu) [JP/JP]; 〒261-8507 千葉県 千葉市 美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインスツルメンツ株式会社内 Chiba (JP). 藤井 利昭 (FUJII, Toshiaki) [JP/JP]; 〒261-8507 千葉県 千葉市 美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインスツルメンツ株式会社内 Chiba (JP). 岩崎 浩二 (IWASAKI, Kouji) [JP/JP]; 〒261-8507 千葉県 千葉市 美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインスツルメンツ株式会社内 Chiba (JP). 杉山 安彦 (SUGIYAMA, Yasuhiko) [JP/JP]; 〒261-8507 千葉県 千葉市 美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインスツルメンツ株式会社内 Chiba (JP). 高木 康行 (TAKAGI, Yasuyuki) [JP/JP];

[続葉有]

(54) Title: ION BEAM DEVICE AND ION BEAM PROCESSING METHOD, AND HOLDER MEMBER

(54) 発明の名称: イオンビーム装置およびイオンビーム加工方法、ホルダ部材



(57) Abstract: An ion beam device comprises a holder member (21) for holding a sample (3), and a removing beam source (13) for radiating inactive ion beams to the cross section (4) of the sample (3) held in the holder member (21), so as to remove the crushed layer of the cross section (4). And the removing beam source (13) is positioned on the holder end side of the sample (3) with respect to a line (L) perpendicular to the cross section (4), and the direction of the radiation of inactive ion beam to the cross section (4) is tilted at a tilt angle (θ) with respect to the perpendicular line (L).

(57) 要約: 試料 (3) を保持するホルダ部材 (21) と、このホルダ部材 (21) に保持された試料 (3) の断面 (4) に不活性イオンビームを照射して断面 (4) 上の破碎層を除去するための除去用ビーム源 (13) とを備える。そして、除去用ビーム源 (13) は、断面 (4) の垂線 L に対して試料 (3) の保持端側に位置されて、断面 (4) に対する不活性イオンビームの照射方向が、垂線 L に対して傾斜角 θ

[続葉有]

Best Available Copy

WO 2004/008475 A1



〒261-8507 千葉県 千葉市 美浜区中瀬 1 丁目 8 番地
セイコーインスツルメンツ株式会社内 Chiba (JP).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(74) 代理人: 坂上 正明 (SAKANOUÉ, Masaaki); 〒261-8507
千葉県 千葉市 美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーイ
ンスツルメンツ株式会社内 Chiba (JP).

(81) 指定国 (国内): CN, KR, US.

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

イオンビーム装置およびイオンビーム加工方法、ホルダ部材

5 技術分野

本発明は、例えば半導体等の微細構造を観察するための試料に、観察用の断面を加工するためのイオンビーム装置およびイオンビーム加工方法、ホルダ部材に関する。

10 背景技術

従来、例えば、半導体メモリ等のウェハの製造過程等で発生した欠陥をTEM (Transmission Electron Microscope) 等によって観察するためのTEM用試料を作製する用途として、イオンビーム装置が広く普及している。この種のイオンビーム装置では、集束イオンビーム (FIB :
15 Focused Ion Beam) によるイオンビーム加工によって、TEM用試料の特定箇所に観察するための微細な断面を加工することを可能にし、比較的短時間にTEM用試料を作製することが可能にされている。

しかしながら、従来のイオンビーム装置を用いて試料に微細な断面を形成するイオンビーム加工を行った場合には、集束イオンビームのイオン源に用いられているガリウムが試料の断面に注入されて変質されることでアモルファス状になるとともに、ガリウムによって断面が損傷されたダメージ層いわゆる破碎層が形成されてしまう。このような破碎層が観察用の断面上に形成された試料は、破碎層が、比較的高倍率のTEM観察に悪影響を及ぼすため、正常な結晶格子像が得られない等の不都合があり、断面の原子レベルまで高精度に観察する際に問題があった。
25 したがって、試料の断面上に形成された30nm程度の破碎層を10n

m程度まで薄くするように破碎層を除去することが必要であった。

そこで、集束イオンビームの加速エネルギーを小さくして破碎層の厚さを減少させることや、集束イオンビームによる加工後に断面に比較的低エネルギーのイオンビームを照射して断面上に形成された破碎層を除去
5 することが考えられている。また、破碎層を除去するためのイオンビームを断面に照射することによっても断面に新たに破碎層が形成されてしまうが、例えばアルゴンイオンビームを用いた場合に形成される破碎層は数nm程度であるため、断面を観察する上で支障をきたさない。

このため、従来のイオンビーム装置としては、集束イオンビームが照
10 射されて加工された試料の断面にアルゴンイオンビームを照射して断面上の破碎層を除去するための除去用ビーム部を備える装置が提案されている。

このような従来のイオンビーム装置は、試料を保持するためのホルダ部と、試料に断面を加工するための加工用ビーム部と、試料に加工され
15 た断面上の破碎層を除去するための除去用ビーム部と、試料の断面を観察するための観察用ビーム部とを備えている。ホルダ部は、試料を先端側に保持するホルダ部材を有している。加工用ビーム部は、ホルダ部材に保持された試料の天面側に対向する鉛直上方に配置されている。除去用ビーム部および観察用ビーム部は、試料の断面を挟んで対向する位置
20 に配置されている。

以上のように構成された従来のイオンビーム装置は、加工用ビーム部が、ホルダ部材に保持された試料にガリウムイオン源からの集束イオンビームを照射することによって断面を加工し、除去用ビーム部が、試料の断面にアルゴンイオンビームを照射することによって断面から破碎
25 層を除去する（イオンミリング）。そして、観察用ビーム部は、破碎層が除去された試料の断面に電子ビームを照射することにより、試料の断

面の観察像が得られる。

ところで、上述した従来のイオンビーム装置は、図 1 2 に示すように、試料 1 0 3 の断面 1 0 4 にアルゴンイオンビームを照射する際に、アルゴンイオンビームが試料 1 0 3 の断面 1 0 4 以外の領域まで広範囲に照射されしまう。このため、試料 1 0 3 の断面 1 0 4 の基端側に隣接する段差部等に照射されたアルゴンイオンビームの一部は、段差部の天面等に照射されることによって破碎層の二次粒子を飛散させて、除去された破碎層の二次粒子を断面 1 0 4 に再付着させて汚損してしまう問題があった。

- 10 そこで、本発明は、試料の加工面から破碎層を良好に除去することができるイオンビーム装置およびイオンビーム加工方法、ホルダ部材を提供することを目的とする。

発明の開示

- 15 上述した目的を達成するため、本発明に係るイオンビーム装置は、試料を保持するホルダ部材と、このホルダ部材に保持された試料の、集束イオンビームが照射されて形成された加工面に気体イオンビームを照射して加工面上の破碎層を除去するための除去用ビーム源とを備える。そして、気体イオンビームは、加工面に垂直な方向に対して試料の保持
20 端側から、照射方向を、前記垂直な方向に対して傾斜させて照射される。

- 以上のように構成した本発明に係るイオンビーム装置によれば、試料に気体イオンビームを照射して破碎層を除去する際、加工面に隣接して形成される段差部に気体イオンビームが照射されることによって飛散された二次粒子が加工面に到達しない方向に進むため、気体イオンビームによって除去された破碎層が加工面に再度付着することが軽減され
25 る。

また、本発明に係るイオンビーム装置が備えるホルダ部材は、水平方向に平行な第 1 の軸回りに回動可能に支持された基体部と、この基体部の先端側に第 1 の軸に直交する第 2 の軸回りに回動可能に設けられて試料を保持する保持部とを有することが好ましい。ホルダ部材は、第 1
5 の軸回りに回動可能に設けられることによって、ホルダ部材に対する除去用ビーム源の配置や気体イオンビームの照射方向の自由度が確保される。また、ホルダ部材は、第 2 の軸回りに回動可能に設けられた保持部を有することによって、保持部に保持された試料に対する集束イオンビームおよび気体イオンビームの照射方向を変化させることが可能に
10 なる。

また、本発明に係るイオンビーム加工方法は、試料に集束イオンビームを照射して加工面を形成する第 1 の工程と、試料の加工面に気体イオンビームを照射して加工面上の破碎層を除去する第 2 の工程とを有する。そして、第 2 の工程では、試料の加工面に垂直な方向に対して試料
15 の保持端側から、気体イオンビームの照射方向を前記垂直な方向に対して傾斜させて照射する。

以上のように構成した本発明に係るイオンビーム加工方法は、第 2 の工程で、試料の加工面に垂直な方向に対して試料の保持端側から、気体イオンビームの照射方向を前記垂直な方向に対して傾斜させて照射すること
20 ることで、気体イオンビームが加工面に隣接して形成される段差部に照射されることによって飛散された破碎層の二次粒子が加工面に到達しない方向に進むため、気体イオンビームによって除去された破碎層の二次粒子が加工面に再度付着することが軽減される。

また、本発明に係るホルダ部材は、水平方向に平行な第 1 の軸回りに回動可能に支持される基体部と、この基体部の先端側に第 1 の軸に直交する第 2 の軸回りに回動可能に設けられ集束イオンビームが照射され
25

て加工面が形成される試料を保持する保持部とを有する。

以上のように構成した本発明に係るホルダ部材によれば、試料にイオンビームを照射して加工面を形成する際に、イオンビームの照射方向に対して保持部を第2の軸回りに回転させることにより、試料の加工面に対するイオンビームの照射方向を変化させることが可能になる。したがって、保持部に保持された試料は、加工面に対するイオンビームの照射方向を変化させて、イオンビームによる加工を複数回繰り返すことによって、試料の天面上に微小な凹凸や異なる材質の境界が存在する場合に加工面に生じるスジが次第に小さくされ、スジが取り除かれる。なお、
5 試料は、加工面に対するイオンビームの照射方向を変化させながらイオンビームによる加工が行われても上述したスジが取り除かれる。

なお、上述した気体には、試料の特性に顕著な影響を及ぼさないような例えば酸素、アルゴン、ヘリウム、ネオン、キセノン、クリプトン、ラドン等が挙げられる。

15 また、本発明における破碎層とは、例えば、試料の加工面にガリウムの集束イオンビームを照射した場合に、加工面にガリウムが注入されて変質されることでアモルファス状になるとともにガリウムによって損傷された層を指している。

また、上述した試料の保持端側とは、ホルダ部材に保持された試料の、
20 ホルダ部材上に当接された端部側を指し、例えば試料の細片がダイス等の支持体を介してホルダ部材に保持される場合には、支持体が当接されるホルダ部材の保持面に対向する試料の端部側を指している。

図面の簡単な説明

25 図1は、本発明に係るイオンビーム装置を模式的に示す断面図である。
図2は、図1に示すイオンビーム装置を模式的に示すA-A断面図で

ある。

図 3 は、(a) は断面が加工される試料を示す斜視図、(b) は断面が加工された試料を示す斜視図である。

図 4 は、ホルダ部材の保持部を模式的に示す透視側面図である。

5 図 5 は、前記保持部および摺動板を示す模式図である。

図 6 は、前記保持部を駆動する他の駆動機構の一例を模式的に示す透視側面図である。

図 7 (a) は試料に断面を加工する状態を示す模式図、図 7 (b) は試料の断面に不活性イオンビームが照射される状態を示す模式図、図 7

10 (c) は試料の断面に電子ビームが照射される状態を示す模式図である。

図 8 は、試料の断面に照射される不活性イオンビームの照射方向に対して断面を回動させて加工する状態を示す模式図である。

図 9 は、試料の断面に不活性イオンビームが照射される状態を説明するための模式図である。

15 図 10 は、他のイオンビーム装置の一例を模式的に示す断面図である。

図 11 は、従来のイオンビーム装置において、試料の断面に不活性イオンビームが照射される状態を模式的に示す断面図である。

図 12 (a) は集束イオンビームによって断面が形成される試料を示す模式図、図 12 (b) は集束イオンビームによって断面上にスジが形成された試料を示す模式図である。
20

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の具体的な実施形態を図面を参照して説明する。

図 1 および図 2 に示すように、本実施形態のイオンビーム装置 1 は、
25 いわゆるサイドエントリー型のイオンビーム装置であり、内部で試料 3 を加工するための真空容器 10 と、試料 3 を保持するためのホルダ部 1

1 と、試料 3 にガリウムイオン源からの集束イオンビームを照射して観察用の断面を加工するための加工用ビーム部 1 2 と、試料 3 に加工された断面に不活性イオンビームを照射して断面上の破碎層を除去するための除去用ビーム部 1 3 と、試料 3 の断面に電子ビームを照射して断面を観察するための観察用ビーム部 1 4 とを備えている。

まず、イオンビーム装置 1 によって加工される試料 3 は、ウェハから所定の平板状に切り出された後、幅方向の両側が切り落とされることにより、図 2 (a) に示すようなブロック状に予め加工されている。そして、このブロック状の試料 3 は、幅 W_1 が 0.1 ~ 0.5 mm 程度に形成されており、本実施形態のイオンビーム装置 1 によって、図 3 (b) に示すように、幅方向の両側に、観察用の断面 4 がそれぞれ加工されて、例えば先端側の幅 W_2 が数十 μ m 程度に形成される。

なお、試料 3 には、断面 4 で反射された二次電子を検出する反射方式を用いる場合には、幅方向の片側のみに加工面が形成される。また、本実施形態のイオンビーム装置 1 によって断面 4 が観察される試料 3 としては、上述したようなダイシング法によってブロック状に切り出された後に断面が形成された試料の以外に、いわゆるピックアップ法あるいはリフトアウト法によって、断面が加工された細片が切り出されてダイス上に接合された試料が適用されてもよい。

20 真空容器 1 0 は、内部に試料 3 の加工および観察を行うための真空室 1 5 を有しており、支持台 1 6 上に固定されて設けられている。真空室 1 5 は、排気管 1 7 を介して排気装置（不図示）に連通されている。

ホルダ部 1 1 は、真空容器 1 0 の側面部に配置されており、試料 3 を図 1 中矢印 a_1 , a_2 方向、および b_1 , b_2 方向にそれぞれ回動可能に保持するロッド状のホルダ部材 2 1 を有している。

ホルダ部材 2 1 は、図 4 および図 5 に示すように、長手方向が水平方

向と平行に設けられた基体部 2 2 と、基体部 2 2 の基端側を a_1 , a_2 方向に回動可能に支持するホルダ支持機構 2 3 と、基体部 2 2 の先端側に b_1 , b_2 方向に回動可能に設けられて試料を保持する保持部 2 4 と、この保持部 2 4 を基体部 2 2 に対して回動させるための摺動板 2 5 とを有している。

基体部 2 2 は、ホルダ支持機構 2 3 によって例えば a_1 方向に 1 4 5 度程度、 a_2 方向に 3 5 度程度回動可能に支持されている。

保持部 2 4 は、略半円をなす平板状に形成されており、試料 3 が載置されて固定される載置凹部 2 7 を有している。この保持部 2 4 は、回動軸 2 8 を介して基体部 2 2 上に b_1 , b_2 方向に回動可能に支持されており、例えば ± 30 度程度回動可能にされている。また、載置凹部 2 7 には、載置された試料 3 の保持端側が例えばデポジション膜やはんだ材によって接合され固定されている。

摺動板 2 5 は、基体部 2 2 の長手方向に沿って図 4 中矢印 c_1 , c_2 方向に摺動可能に設けられている。摺動板 2 5 は、先端側が保持部 2 4 の円弧状の外周部に摺接されており、基端側が真空容器 1 0 の外方に引き出されている。そして、摺動板 2 5 は、例えば手動で c_1 , c_2 方向に操作されることによって、摺動量に応じて保持部 2 4 を b_1 , b_2 方向に回動させる。

また、例えば図 6 に示すように、保持部 2 4 は、プーリ 3 1 とこのプーリ 3 1 に掛け渡されたベルト 3 2 とを有する駆動機構によって回動されるように構成されてもよい。また、図示しないが、この駆動機構は、ベルトの代わりにワイヤやギヤ等を用いて構成されてもよい。さらに、ホルダ部材 2 1 には、保持部 2 4 に、載置凹部 2 7 に載置された試料 3 を挟持する、いわゆるクランプ機構が設けられる構成にされてもよい。

加工用ビーム部 1 2 は、例えば集束イオンビーム照射装置であって、

その鏡筒は、真空容器 10 の鉛直上方に配置されており、加工用ビーム源（不図示）であるガリウム液体金属イオン源と、このガリウム液体金属イオン源からのイオンビームを集束し走査照射するイオン光学系を有している。この加工用ビーム部は、試料 3 に対する集束イオンビームの照射軸（鏡筒の中心軸）が鉛直方向となるように配置されている。

除去用ビーム部 13 は、例えば気体イオンビーム照射装置であって、試料 3 の断面 4 に臨む位置に配置されており、例えばアルゴンガス、ヘリウムガス等の不活性ガスの不活性イオンビームを照射する除去用ビーム源（気体イオン銃）（不図示）を有している。除去用ビーム部 13 は、試料 3 の断面 4 に向かうその照射軸（鏡筒の中心軸）が、水平方向に対して斜め上方に 35 度程度傾斜するように配置されている。なお、除去用ビーム源は、必要に応じて酸素を用いた酸素イオンビームを照射するように構成されてもよく、このときの化学種が、酸素イオンの他に酸素ラジカルであってもよい。

観察用ビーム部 14 は、例えば電子ビーム照射装置であって、試料 3 の断面 4 に臨む位置に配置されており、電子ビームを照射する電子銃（不図示）と、この電子銃から照射されて試料 3 の断面 4 を透過した透過電子を検出する TEM 用の検出器 33 とを有している。観察用ビーム部 14 は、その照射軸（鏡筒の中心軸）が水平方向に対して斜め上方に 35 度程度傾斜するように配置されている。検出器 33 は、図 1 および図 7（c）に示すように、試料 3 の断面 4 を挟んで電子銃に対向する位置に設けられている。なお、上述した観察用ビーム部 14 は、透過方式が採られたが、例えば検出器が試料 3 の天面側に臨む位置に配置されて、断面 4 で反射された二次電子を検出する反射方式が適用された構成にされてもよい。

以上のように構成されたイオンビーム装置 1 を用いて、試料 3 に観察

用の断面 4 を加工するとともに、この断面 4 を観察する方法を図面を参照して説明する。

まず、イオンビーム装置 1 は、図 7 (a) に示すように、試料 3 に断面 4 を加工する際、ホルダ部材 2 1 の保持部 2 4 に試料が保持された初期位置で、試料 3 の天面に対して集束イオンビームの照射方向が略直交されている。この初期位置で、加工用ビーム源は、試料 3 に集束イオンビームを照射することによって断面 4 を形成する。

ここで、従来から、試料に集束イオンビームを照射して断面を加工する際に発生している問題について簡単に説明する。

図 8 (a) に模式的に示すように、加工用ビーム源側に臨む試料 1 0 8 の天面 (表面) 1 0 9 上に凹部 1 1 1 が存在する場合には、試料 1 0 8 の天面 1 0 9 の形状によって加工速度にバラツキが生じるため、図 8 (b) に示すように凹部 1 1 1 の境界に集束イオンビームの照射方向に沿って凹凸状のスジ 1 1 2 が断面 1 1 0 上に発生してしまう問題がある。また、このようなスジ 1 1 2 は、試料 1 0 8 の天面 1 0 9 上に材質が異なる境界がある場合にも発生している。また同様に、断面 1 1 0 から破碎層を除去する際に、試料 1 0 8 の断面 1 1 0 にアルゴンイオンビームを照射した場合にも、スジが発生してしまうという問題があった。

そして、このようなスジ 1 1 2 が試料 1 0 8 の断面 1 1 0 上に発生することにより、観察用ビーム部によって観察を行う際に、断面 1 1 0 の良好な観察像を得る上で支障になっていた。

このような問題の対策として、本実施形態では、集束イオンビームによって試料 3 に断面 4 を加工する際、図 9 に示すように、保持部 2 4 を b_1 , b_2 方向に回動させることにより、集束イオンビームの照射方向に対して断面 4 を所望の角度だけ傾斜させた回動位置で、それぞれ集束イオンビームによる加工を少なくとも 2 回以上繰り返す。これにより、

試料 3 の断面 4 には、試料 3 の天面上に存在する微小な凹凸や異なる材質の境界によって生じるスジが、加工を繰り返す度に取り除かれて次第に小さくなり、スジが目立たない平滑な断面 4 が形成される。

つぎに、イオンビーム装置 1 は、図 7 (b) に示すように、ホルダ部材 2 1 を初期位置から例えば a_1 方向に 1 4 5 度程度回転させることによって、保持部 2 4 に保持された試料 3 の断面 4 に対して照射される、除去用ビーム部 1 3 による不活性イオンビームの照射方向が調整される。

すなわち、ホルダ部材 2 1 に保持された試料 3 は、図 1 0 に示すように、断面 4 に不活性イオンビームが照射されたとき、断面 4 に対して垂直な垂線 L に対して、試料 3 の保持端側に除去用ビーム源が位置されており、断面 4 に照射される不活性イオンビームの照射方向が、垂線 L に対して傾斜角 θ をもって傾斜されている。傾斜角 θ は、 $90^\circ > \theta > 0^\circ$ の範囲であり、試料 3 の形状や保持部 2 4 の大きさ等によるが、できるだけ θ は大きな角度の方がよく、本実施形態で例えば 7 0 ~ 8 0 度程度に設定されている。

そして、試料 3 は、断面 4 に対する不活性イオンビームの照射方向が、垂線 L に対して傾斜角 θ だけ傾斜されることによって、断面 4 に隣接する段差部の側面に照射された不活性イオンビームによって飛散された破碎層の二次粒子が断面 4 に到達しない方向に進むため、断面 4 の破碎層から除去された二次粒子が断面 4 上に再度付着して、断面 4 が汚損されることが軽減される。

また同様に、不活性イオンビームによって試料 3 の断面 4 から破碎層を除去する際にも、図 9 に示したように、保持部 2 4 を b_1 , b_2 方向に回動させることにより、不活性イオンビームの照射方向に対して断面 4 を所望の角度だけ傾斜させた回動位置で、それぞれ不活性イオンビー

ムによる加工を少なくとも 2 回以上繰り返す。これにより、試料 3 の断面 4 には、試料 3 の天面上に存在する微小な凹凸や異なる材質の境界によって生じるスジが、加工を繰り返す度に取り除かれて次第に小さくなり、スジが目立たない平滑な断面 4 が形成される。

- 5 さらに、試料 3 は、上述した一方の断面 4 に不活性イオンビームが照射された回動位置から a_2 方向に 40 度程度させた回動位置で、他方の断面 4 に対して不活性イオンビームが照射されて破碎層が除去される。

10 なお、上述した集束イオンビームによる断面 4 の加工時および不活性イオンビームによる破碎層の除去時には、試料 3 の断面 4 上に生じる上述したスジを取り除くために、保持部 24 を b_1 , b_2 方向に回動させながら試料 3 に集束イオンビームまたは不活性イオンビームを照射することによって、試料 3 に対する集束イオンビームまたは不活性イオンビームの照射方向を変化させながら加工を行ってもよい。

15 また、本実施形態では、集束イオンビームによる断面 4 の加工時および不活性イオンビームによる破碎層の除去時にそれぞれスジを取り除くために保持部 24 を回動させたが、不活性イオンビームによる破碎層の除去時に一括してスジを取り除いてもよい。なお、不活性イオンビームによってスジを一括して除去する場合には、断面 4 に対する不活性イオンビームの照射方向を、試料 3 に対する集束イオンビームの照射方向
20 と異ならせる必要がある。

最後に、イオンビーム装置 1 は、図 7 (c) に示すように、ホルダ部材 21 を、不活性イオンビームを照射した回動位置から例えば a_2 方向に 180 度回動させて、すなわち初期位置に対して a_2 方向に 35 度回動させることによって、保持部 24 に保持された試料 3 の断面 4 に対し
25 て照射される、観察用ビーム部 14 による電子ビームの照射方向が調整される。この回動位置で、観察用ビーム部 14 は、試料 3 の断面 4 に電

子ビームを照射して、断面 4 を透過した透過電子を検出器 3 3 が検出することによって、断面 4 の良好な観察像が得られる。

上述したように、イオンビーム装置 1 は、ホルダ部材 2 1 を a_1 , a_2 方向に回動させて、試料 3 の断面 4 に対する不活性イオンビームの照射方向が、断面 4 の垂線 L に対して傾斜角 θ だけ傾斜させて破碎層を除去することによって、除去された破碎層の二次粒子が断面上に再付着することを軽減できる。このため、このイオンビーム装置 1 によれば、破碎層が良好に除去された平滑な断面 4 を得ることが可能になり、観察用ビーム部 1 4 によって断面 4 を良好に観察することができる。

また、イオンビーム装置 1 が備えるホルダ部 1 1 は、 b_1 , b_2 方向に回動可能に設けられた保持部 2 4 を有するホルダ部材 2 1 を有することによって、集束イオンビームによって加工される試料 3 の断面 4 に生じるスジを小さくすることが可能になり、断面 4 の平滑性を向上することができる。

最後に、上述したイオンビーム装置 1 は、除去用ビーム部 1 3 が、ホルダ部材 2 1 上の試料 3 に対して斜め上方に配置されたが、除去用ビーム部 1 3 が他の位置に配置された他のイオンビーム装置について簡単に説明する。なお、他のイオンビーム装置は、上述したイオンビーム装置 1 と比して除去用ビーム部 1 3 および観察用ビーム部 1 4 の位置のみが異なるため、同一部材には同一符号を付して説明を省略する。

図 1 1 に示すように、他のイオンビーム装置 2 は、除去用ビーム部 1 3 が、ホルダ部材 2 1 上の試料 3 に対して斜め下方から不活性イオンビームを照射するように配置されるときともに、観察用ビーム部 1 4 が、ホルダ部材 2 1 上の試料 3 に対して水平方向から電子ビームを照射するように配置されている。

このように構成されたイオンビーム装置 2 によれば、ホルダ部材 2 1

を a_1 , a_2 方向に回動させる必要がなくなり、ホルダ部材 21 の構成を簡素化することができる。また、イオンビーム装置は、ホルダ部材 21 の a_1 , a_2 方向の回動可能な角度範囲に応じて、試料 3 の断面 4 に対する除去用ビーム部 14 の相対位置が設定されてもよい。

5 したがって、本発明に係るイオンビーム装置は、不活性イオンビームが、試料 3 の断面 4 の垂線 L に対して試料 3 の保持端側から、照射方向を垂線 L に対して傾斜させて照射される構成であれば、ホルダ部 11、除去用ビーム部 13、観察用ビーム部 14 が他の任意の位置に配置される構成とされてよい。

10 なお、本実施形態は、加工用ビーム部 12 を備えるサイドエントリー型のイオンビーム装置 1 として構成されたが、この構成に限定されるものでなく、例えば、加工用ビーム部 12 を備えずに上述したホルダ部 10 および除去用ビーム部 13 を備える構成や、さらにこの構成に観察用ビーム部 14 が加えられた構成にされてもよい。

15

産業上の利用可能性

上述したように本発明に係るイオンビーム装置によれば、気体イオンビームが、試料の加工面に垂直な方向に対して試料の保持端側から、照射方向を前記垂直な方向に対して傾斜させて照射する除去用ビーム源
20 を備えることによって、気体イオンビームによって除去された破碎層が加工面に再度付着することが軽減される。したがって、本発明のイオンビーム装置は、加工面から破碎層を良好に除去することが可能になり、平滑な加工面を得ることができる。

また、本発明に係るイオンビーム装置は、ホルダ部材が、水平方向に
25 平行な第 1 の軸回りに回動可能に支持された基体部と、この基体部の先端側に第 1 の軸に直交する第 2 の軸回りに回動可能に設けられて試料

を保持する保持部とを有することによって、ホルダ部材に対する除去用
ビーム源の配置や気体イオンビームの照射方向の自由度を確保すると
ともに、保持部に保持された試料の加工面に対するイオンビームの照射
方向を変化させることが可能になる。

- 5 また、本発明に係るイオンビーム加工方法によれば、第2の工程で、
試料の加工面に垂直な方向に対して試料の保持端側から、気体イオンビ
ームの照射方向を前記垂直な方向に対して傾斜させて照射することに
よって、気体イオンビームによって除去された破碎層が加工面に再度付
着することを軽減することが可能になり、加工面から破碎層を良好に除
10 去して平滑な加工面を得ることができる。

- また、本発明に係るホルダ部材によれば、水平方向に平行な第1の軸
回りに回動可能に支持される基体部と、この基体部の先端側に第1の軸
に直交する第2の軸回りに回動可能に設けられ集束イオンビームが照
射されて加工面が形成される試料を保持する保持部とを有することに
15 よって、試料の加工面に対する集束イオンビームおよび気体イオンビ
ームの照射方向を変化させることが可能になる。したがって、本発明のホ
ルダ部材によれば、集束イオンビームまたは気体イオンビームの照射方
向を変化させて加工を行うことで、加工面にスジが生じることを軽減で
きるため、加工面の平滑性を向上することができる。

請 求 の 範 囲

1. 試料を保持するホルダ部材と、

5 前記ホルダ部材に保持された試料の、集束イオンビームが照射されて形成された加工面に、気体イオンビームを照射して前記加工面上の破碎層を除去するための除去用ビーム源とを備え、

前記気体イオンビームは、前記加工面に垂直な方向に対して前記試料の保持端側から、照射方向を前記垂直な方向に対して傾斜させて照射されるイオンビーム装置。

10 2. 前記ホルダ部材に保持された試料に集束イオンビームを照射して前記加工面を形成するための加工用ビーム源を備える請求項 1 に記載のイオンビーム装置。

3. 前記気体イオンビームは、不活性ガスイオンビームである請求項 1 または 2 に記載のイオンビーム装置。

15 4. 前記ホルダ部材は、水平方向に平行な第 1 の軸回りに回動可能に支持された基体部と、前記基体部の先端側に前記第 1 の軸に直交する第 2 の軸回りに回動可能に設けられて試料を保持する保持部とを有する請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載のイオンビーム装置。

20 5. 前記ホルダ部材は、前記保持部を前記第 2 の軸回りに回動させるための駆動手段を有する請求項 4 に記載のイオンビーム装置。

6. 前記試料の加工面に電子ビームを照射して該加工面を観察するための観察用ビーム源を備える請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載のイオンビーム装置。

25 7. 前記加工用ビーム源は、前記試料に対して集束イオンビームを鉛直上方から照射する請求項 2 ないし 6 のいずれか 1 項に記載のイオンビーム装置。

8. 試料に集束イオンビームを照射して加工面を形成する第1の工程と、
試料の前記加工面に気体イオンビームを照射して前記加工面上の破
砕層を除去する第2の工程とを有し、

5 前記第2の工程では、試料の加工面に垂直な方向に対して該試料の保
持端側から、気体イオンビームの照射方向を前記垂直な方向に対して傾
斜させて照射するイオンビーム加工方法。

9. 前記気体イオンビームは、不活性ガスイオンビームである請求項8
に記載のイオンビーム加工方法。

10 10. 前記第2の工程では、試料に対する前記気体イオンビームの照射
方向を変化させて加工する請求項8または9に記載のイオンビーム加
工方法。

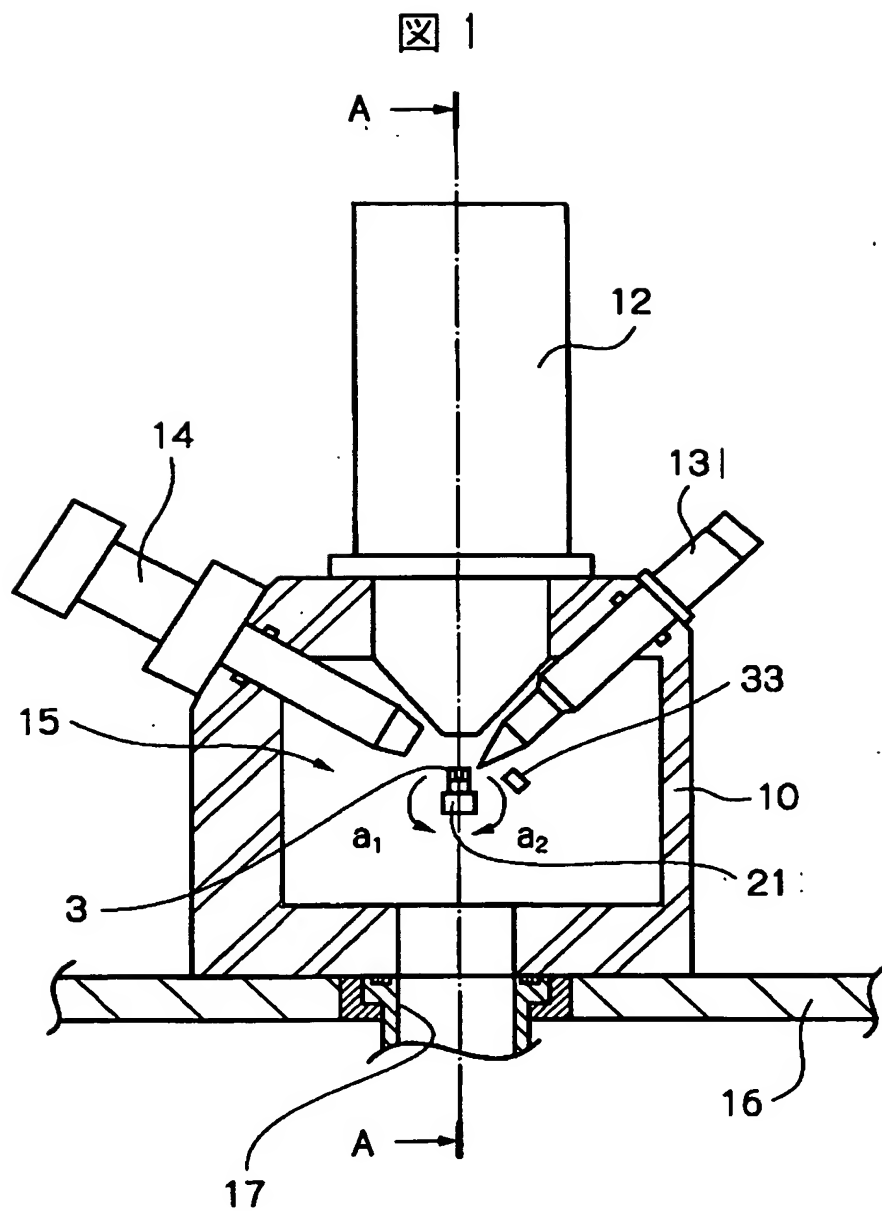
11. 前記第1の工程では、試料に対する前記集束イオンビームの照射
方向を変化させて加工する請求項10に記載のイオンビーム加工方法。

15 12. 前記第1の工程または前記第2の工程では、試料を保持するホル
ダを介して、該試料を前記集束イオンビームまたは前記気体イオンビー
ムの照射方向に対して移動させる請求項10または11に記載のイオ
ンビーム加工方法。

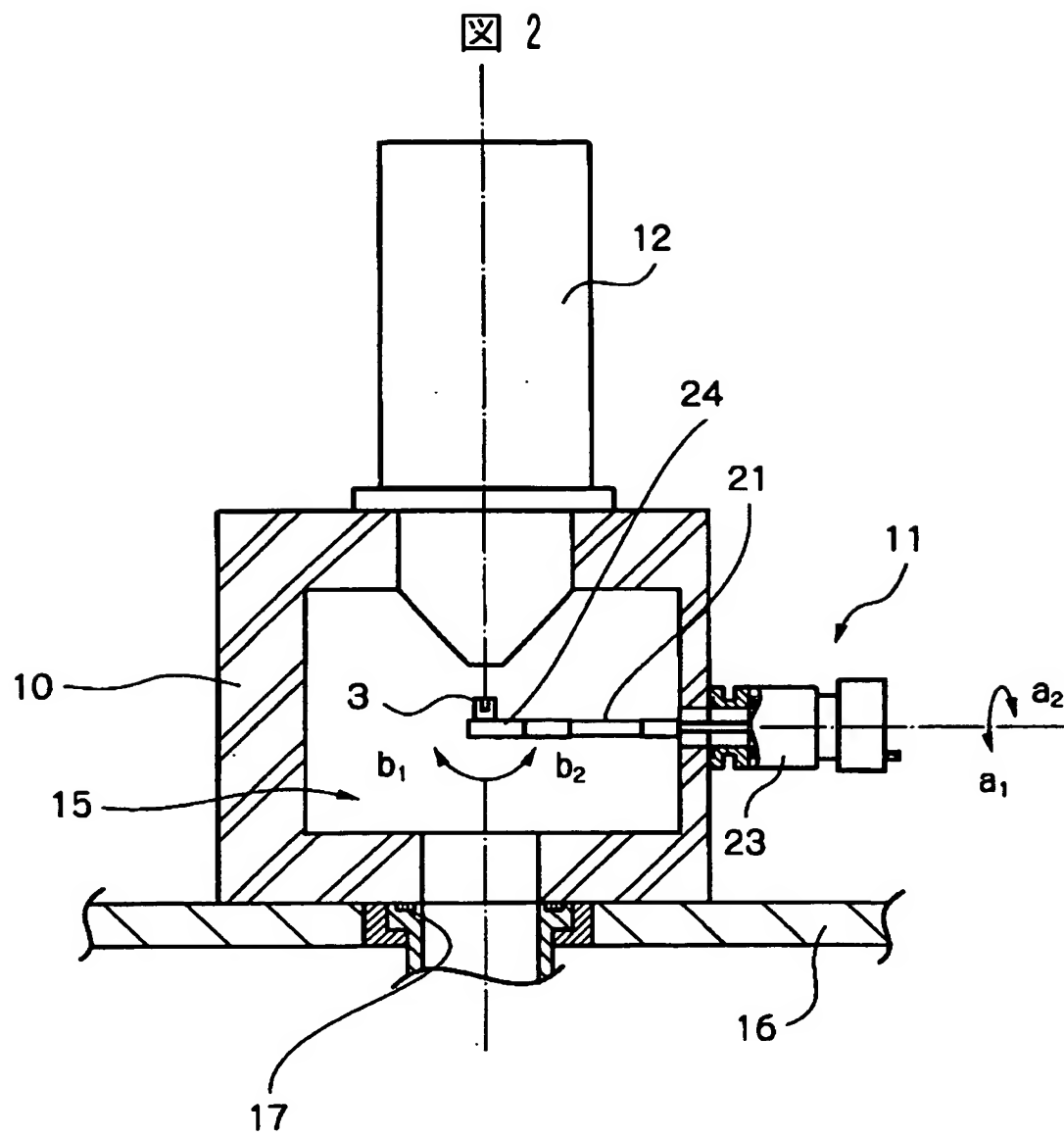
20 13. 水平方向に平行な第1の軸回りに回動可能に支持される基体部と、
前記基体部の先端側に前記第1の軸に直交する第2の軸回りに回動
可能に設けられて、集束イオンビームが照射されて加工面が形成される
試料を保持する保持部とを有するホルダ部材。

14. 前記保持部を前記第2の軸回りに回動させるための駆動手段を有
する請求項13に記載のホルダ部材。

1/10



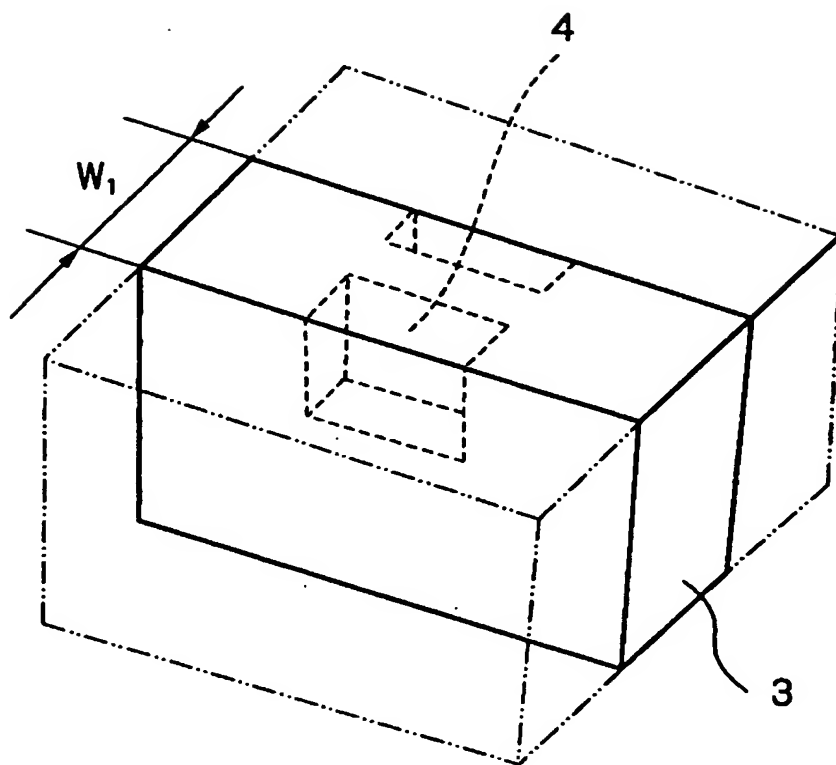
2/10



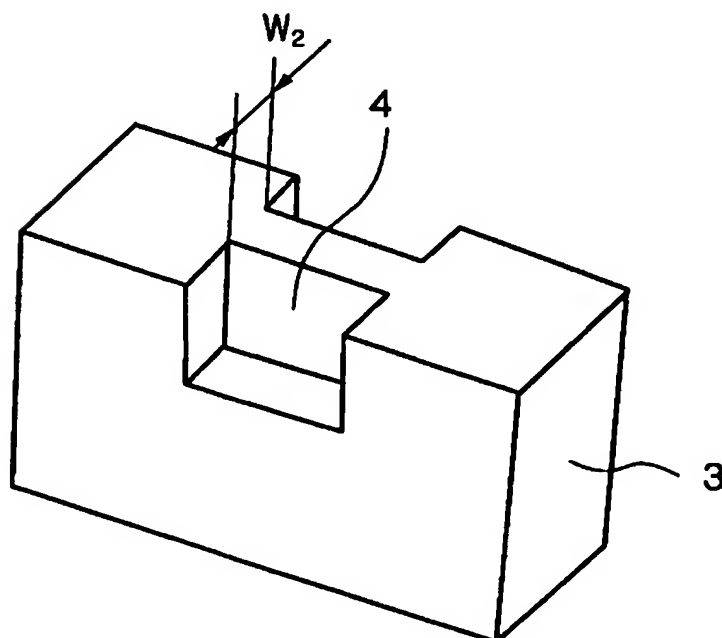
3/10

☒ 3

(a)



(b)



4/10

図 4

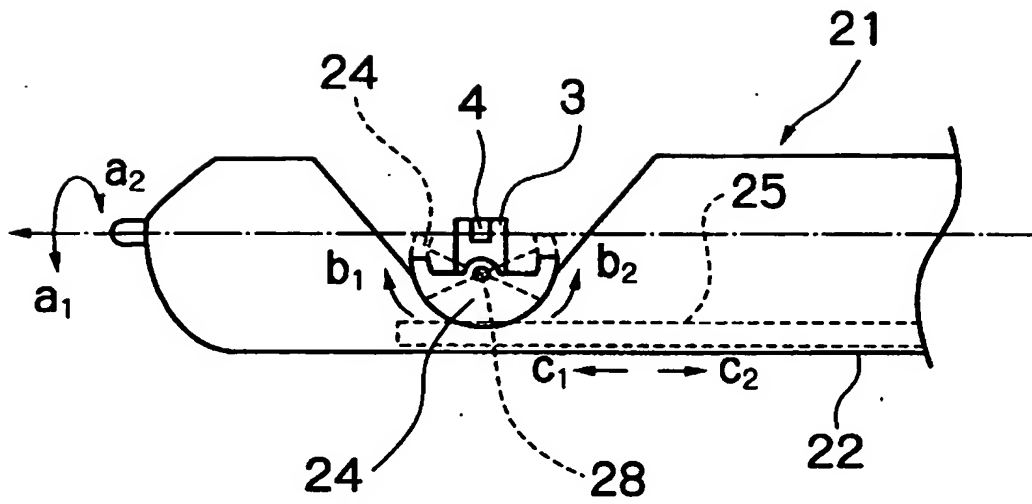


図 5

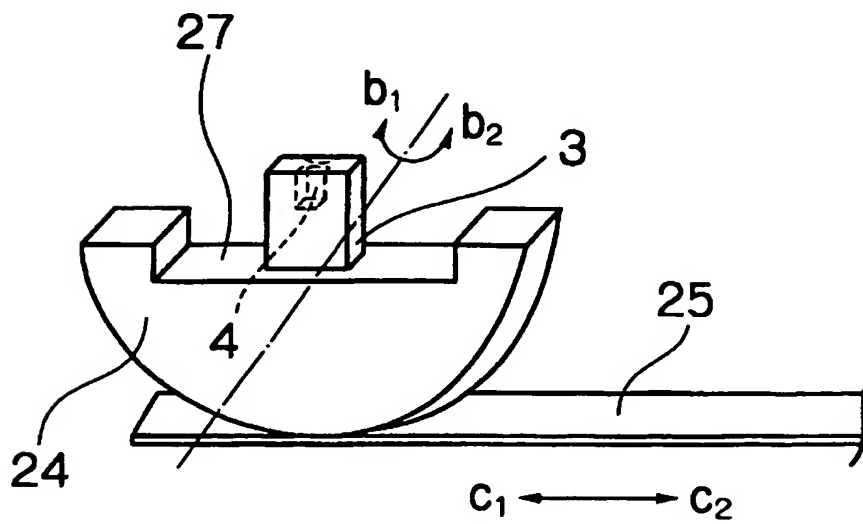
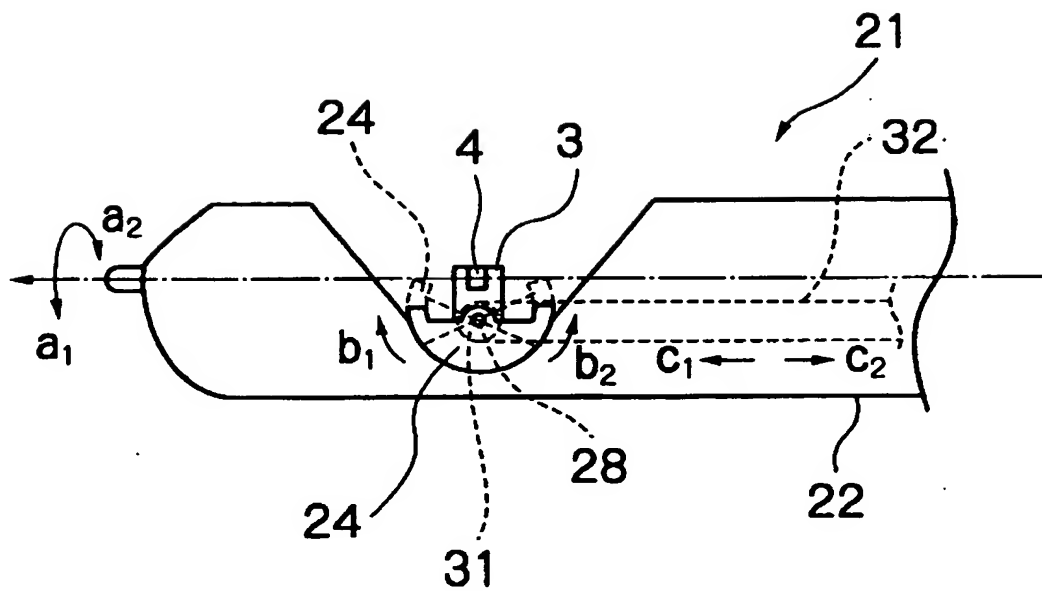
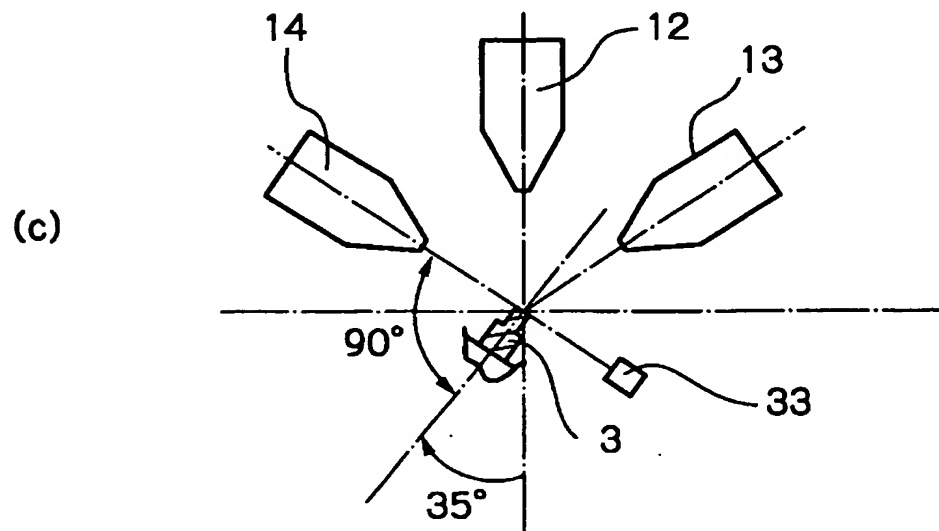
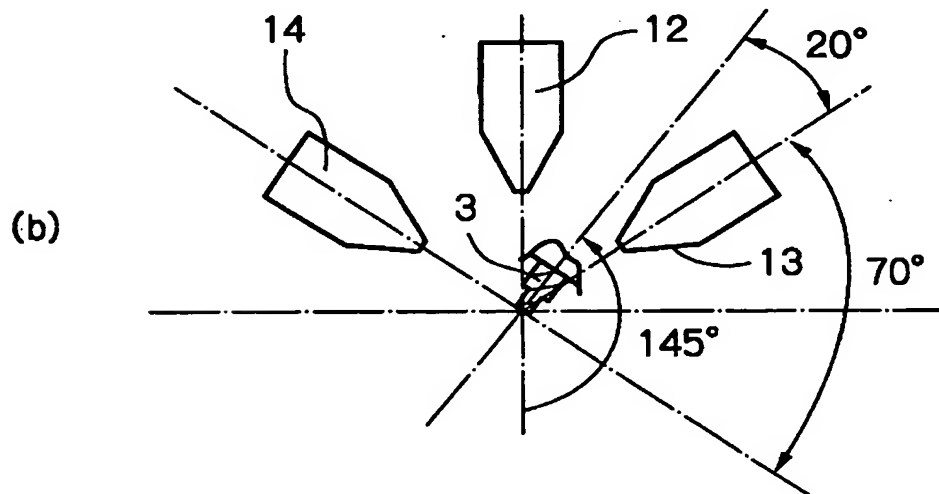
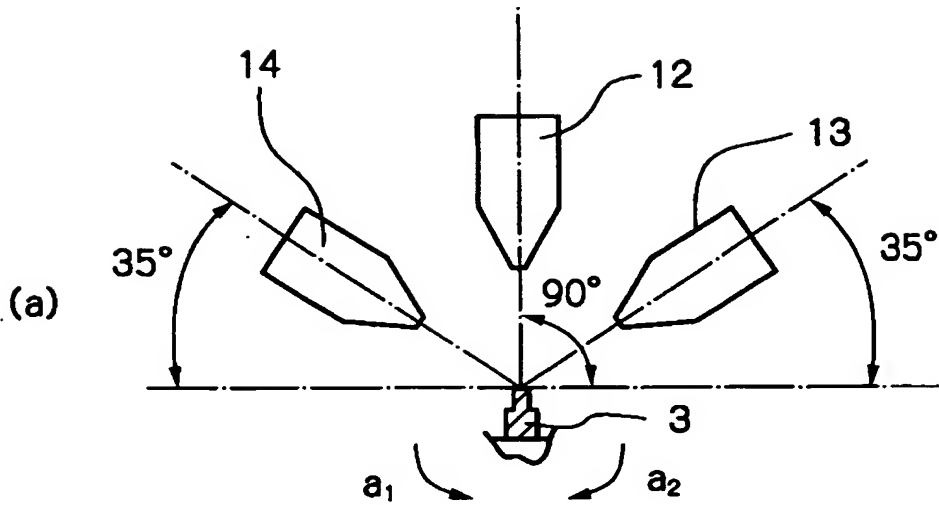


図 6



6/10

図 7



7/10

図 8

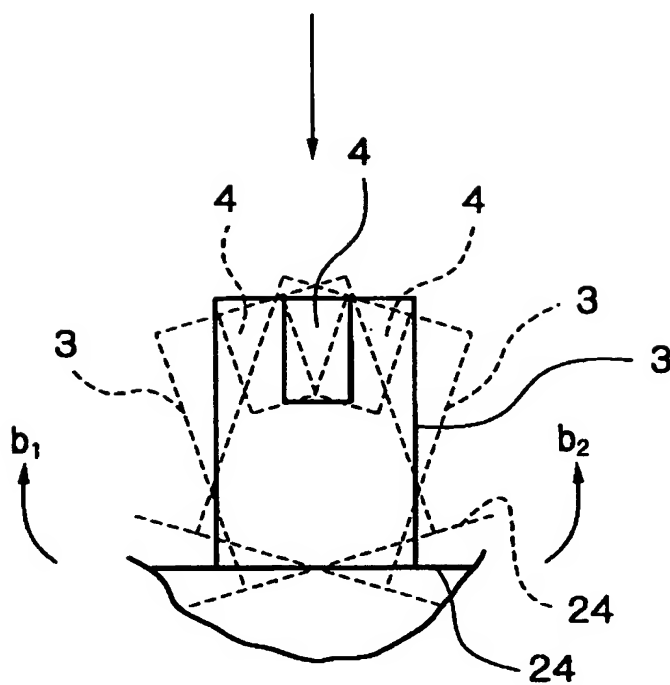
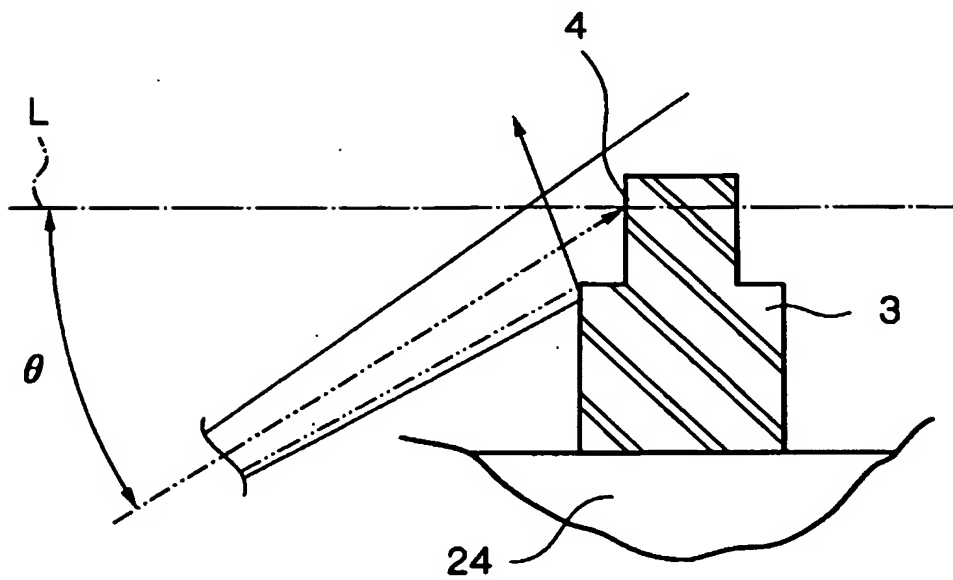
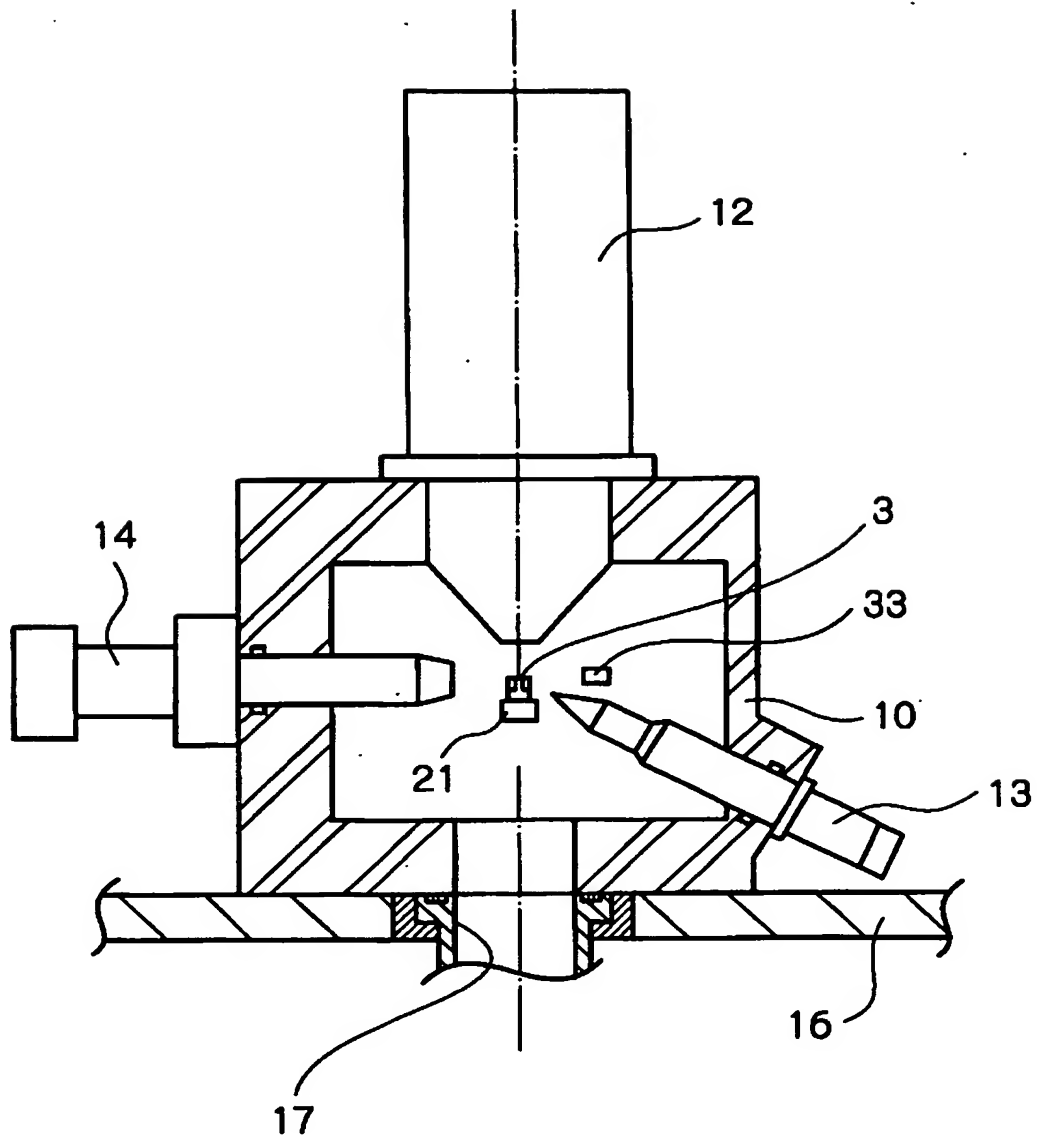


図 9



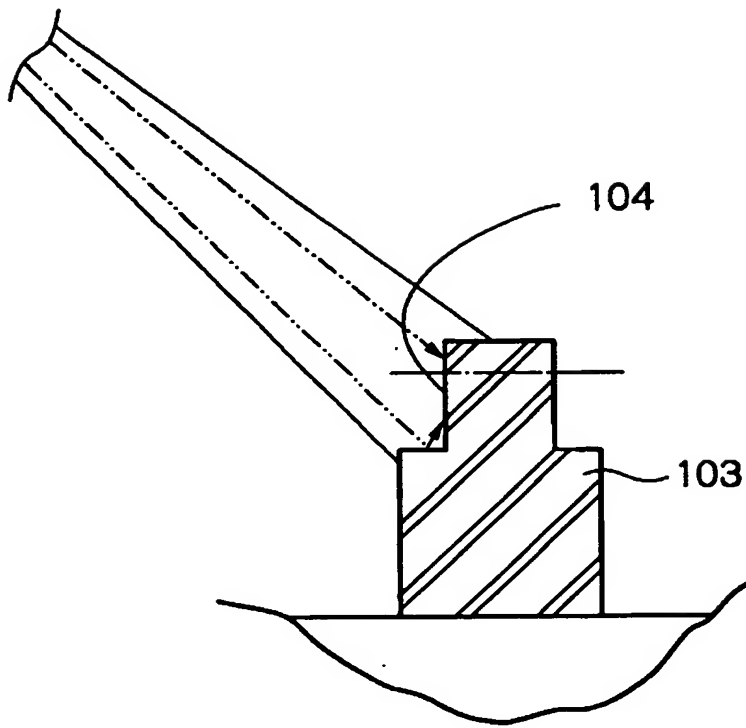
8/10

図 10



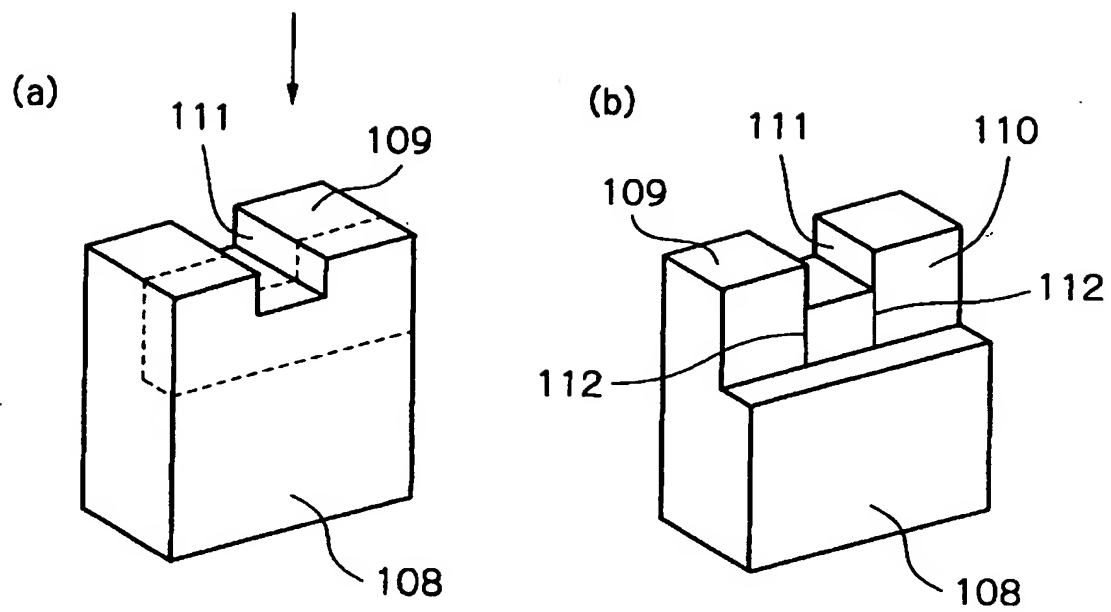
9/10

図 11



10/10

図 12



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/08691

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01J37/30, 37/317, 37/20, G01N1/28, H01L21/302

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01J37/30, 37/317, 37/20, G01N1/28

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

| | | | |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho | 1922-1996 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2003 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2003 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2003 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| Y | JP 2000-258314 A (NEC Corp.), 22 September, 2000 (22.09.00), Full text; all drawings (Family: none) | 1-12 |
| Y | JP 10-221227 A (Matsushita Electronics Corp.), 21 August, 1998 (21.08.98), Full text; all drawings (Family: none) | 1-12 |
| Y | JP 4-120437 A (Hitachi, Ltd.), 21 April, 1992 (21.04.92), Page 6, lower left column, line 17 to page 7, upper left column, line 17; Figs. 9, 6 (Family: none) | 4-6, 10-12 |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
09 October, 2003 (09.10.03)Date of mailing of the international search report
28 October, 2003 (28.10.03)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/08691

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| Y | JP 8-106873 A (Hitachi, Ltd.), 23 April, 1996 (23.04.96), Fig. 3 (Family: none) | 4, 5 |
| Y | JP 3-254055 A (Hitachi, Ltd.), 13 November, 1991 (13.11.91), Fig. 3 (Family: none) | 4, 5 |
| Y | JP 4-116843 A (Hitachi, Ltd.), 17 April, 1992 (17.04.92), Full text; all drawings (Family: none) | 6 |
| A | JP 10-84020 A (Hitachi, Ltd.), 31 March, 1998 (31.03.98), Full text; all drawings (Family: none) | 1-12 |
| A | JP 2001-84951 A (Hitachi, Ltd.), 30 March, 2001 (30.03.01), Full text; all drawings (Family: none) | 1-12 |
| P, A | JP 2002-208374 A (Seiko Instruments Inc.), 26 July, 2002 (26.07.02), Full text; all drawings (Family: none) | 1-12 |
| A | JP 6-260129 A (Seiko Instruments Inc.), 16 September, 1994 (16.09.94), Full text; all drawings & US 5574280 A & KR 364207 B | 1-12 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/08691

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Claims 1-12 relate to the direction of radiation of gas ion beams for removing a crushed layer.

In contrast therewith, Claims 13, 14 relate to the construction of a holder member, and the description given concerning the radiation ion beam is of a focused ion beam alone for forming a processed surface.

These inventions do not form a single general inventive concept.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: 1-12

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01J37/30, 37/317, 37/20, G01N1/28, H01L21/302

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01J37/30, 37/317, 37/20, G01N1/28

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

| | |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報 | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2003年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2003年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2003年 |

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|-----------------|--|------------------|
| Y | J P 2000-258314 A (日本電気株式会社) 2000.09.22, 全文, 全図 (ファミリーなし) | 1-12 |
| Y | J P 10-221227 A (松下電子工業株式会社) 1998.08.21, 全文, 全図 (ファミリーなし) | 1-12 |
| Y | J P 4-120437 A (株式会社日立製作所) 1992.04.21 第6頁左下欄17行-第7頁左上欄17行, 第9図, 第6図 (ファミリーなし) | 4-6, 10-12 |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

09.10.03

国際調査報告の発送日

28.10.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

堀部 修平

2G

9215

電話番号 03-3581-1101 内線 3225

| C (続き) . 関連すると認められる文献 | | |
|-----------------------|--|------------------|
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
| Y | J P 8-106873 A (株式会社日立製作所) 1996. 04. 23, 図3 (ファミリーなし) | 4, 5 |
| Y | J P 3-254055 A (株式会社日立製作所) 1991. 11. 13, 第3図 (ファミリーなし) | 4, 5 |
| Y | J P 4-116843 A (株式会社日立製作所) 1992. 04. 17, 全文, 全図 (ファミリーなし) | 6 |
| A | J P 10-84020 A (株式会社日立製作所) 1998. 03. 31, 全文, 全図 (ファミリーなし) | 1-12 |
| A | J P 2001-84951 A (株式会社日立製作所) 2001. 03. 30, 全文, 全図 (ファミリーなし) | 1-12 |
| P, A | J P 2002-208374 A (セイコーインスツルメンツ株式会社) 2002. 07. 26, 全文, 全図 (ファミリーなし) | 1-12 |
| A | J P 6-260129 A (セイコー電子工業株式会社) 1994. 09. 16, 全文, 全図 & US 5574280 A & KR 364207 B | 1-12 |

第Ⅰ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT 17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅱ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲 1 - 1 2 は、破碎層を除去するための気体イオンビームの照射方向に関するものである。

これに対し、請求の範囲 1 3, 1 4 はホルダ部材の構造に関するものであり、照射イオンビームについても加工面を形成するための集束イオンビームが記載されているのみである。これらの発明は、単一の一般的発明概念を形成していない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

請求の範囲 1 - 1 2

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.